

2. Кременчуцкий Н.Ф. Расчет проветривания тупиковых выработок с использованием дифференциальных уравнений / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Науковий вісник НГУ. 2011. – №2. – С.136–139.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. / Л.Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
4. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М.З. Згуровский, В.В. Скопечкий, В.К. Хрущ, Н.Н. Беляев. – Київ : Наук. думка, 1997. – 368 с.
5. Aminossadati, S.M. Numerical simulation of ventilation air flow in underground mine workings / S.M. Aminossadati, K. Hooman // In 12th US/North American Mine Ventilation Symposium, 2008. – P. 253-259.
6. Kurnia, J.C. CFD Simulation of Methane Dispersion and Innovative Methane Management in Underground Mining Faces / J.C. Kurnia, A.P. Sasmito, A.S. Mujumdar // Applied Mathematical Modelling, 2014. – P. 253-259.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голінько В.І.  
Надійшла до редакції 20.01.2015*

УДК 622.8:681.518

© В.А. Зберовский

## **ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Рассмотрены основные аспекты создания автоматизированной информационно-управляющей системы по экологическому мониторингу окружающей среды, предупреждению и ликвидации техногенно-опасных ситуаций на горно-металлургических комбинатах.

Розглянуто основні аспекти створення автоматизованої інформаційно-керуючої системи з екологічного моніторингу довкілля, попередження та ліквідації техногенно-небезпечних ситуацій на гірничо-металургійних комбінатах.

The main aspects of the creation of an automated information management system for environmental monitoring, prevention and elimination of man-caused dangerous situations on Mining and Metallurgical Combine.

**Вступление.** Процессы добычи и переработки полезных ископаемых рассматриваются в наше время как мощный источник антропогенного действия на природную среду, что ставит в число первоочередных задач создание современной информационно-аналитической системы для мониторинга окружающей среды и принятия оперативных организационных и инженерно-технических решений относительно предупреждения техногенно-опасных

ситуаций, снижения риска опасных явлений по отрицательному влиянию на человека и природу.

Возможность значительных техногенных аварий и катастроф в горнопромышленных центрах Украины в настоящее время реальная как никогда. Возрастающая концентрация жидких отходов, токсичных, радиоактивных, горючих и взрывчатых веществ в непосредственной близости от промышленных предприятий и населенных пунктов, отсутствие достаточных сил и эффективных систем реагирования на чрезвычайные ситуации – все это несет в себе опасность катастроф регионального и трансграничного масштабов.

Среди промышленных объектов, содержащих аварийно химически опасные вещества (АХОВ), самыми многочисленными в Украине являются предприятия, использующие в технологическом цикле аммиак и хлор – свыше 50% от общего числа химически опасных объектов (ХОО).

**Цель исследования.** Целью работы является создание автоматизированной информационно-управляющей системы по экологическому мониторингу окружающей среды, предупреждению и ликвидации техногенно-опасных ситуаций на горно-металлургических комбинатах.

**Результаты исследований.** Вольногорский горно-металлургический комбинат – один из крупных в мире комплексов по добыче и переработке руд, содержащих минералы редких металлов, выпускал более 10 видов продукции, соответствующей мировым стандартам. Metallургический передел (до приостановки процесса) включал переработку циркониевого концентрата путем вскрытия его хлорным способом, потребление хлора при этом достигало 650 т/мес. Кроме того, значительное количество ХОО располагается рядом с городом Вольногорск или в черте городской застройки (водопроводные станции, предприятия пищевой промышленности, холодильники и др.), что требует принятия особых мер по обеспечению безопасности функционирования и защите населения, проживающего вблизи этих объектов, от последствий возможных техногенных аварий.

В комплекс мероприятий по защите трудящихся и населения входит решение вопросов, связанных с мониторингом, ранним обнаружением, своевременным принятием мер по локализации и ликвидации аварии. Основными из них считаются: обнаружение аварии; прогнозирование и оценка химической обстановки; оповещение руководящего состава, рабочих и населения об угрозе поражения.

Своевременное получение информации о возможной и реально сложившейся обстановке позволяет территориальным подразделениям ГО и МЧС Украины правильно принять решения по защите трудящихся и населения, привлечению сил и средств для ликвидации аварий и ведения спасательных работ в очагах химического поражения.

Решение задачи оперативного обнаружения аварии, оценки, прогнозирования и своевременного оповещения возможно только при использовании автоматизированных компьютерных систем контроля аварий и оповещения об аварии на ХОО. В последние три-четыре десятилетия во всех крупных городах мира информационное обеспечение и реализацию процесса

оперативного управления осуществляют автоматизированные системы управления системами безопасности, которые, решая текущие задачи, накапливают и обрабатывают оперативную информацию, формируя, таким образом, базы данных (БД) о деятельности систем. В последние два десятилетия значительную помощь АСУ в решении задач оперативного управления начали оказывать географические информационные системы и ГИС-технологии. В частности, с их помощью можно следить за реальным перемещением по улицам города специальной техники, ее состоянием, текущими значениями метеопараметров на объекте, использовать цифровые планы территории промышленных объектов и городов для моделирования развития очага техногенного загрязнения, проводить детальное обследование местности включая схемы водоснабжения, теплоснабжения, канализации, электросвязи, электроснабжения, газоснабжения, и т.п.

Для работы такой системы необходимы: ГИС пакет, позволяющий работать с пространственной информацией, и база данных земельных участков и объектов недвижимости на прилегающей к опасным промышленным объектам местности (земельный кадастр, кадастр недвижимости). Для иллюстрации планов развития аварийных ситуаций необходимы, как векторные цифровые электронные карты в формате выбранной ГИС, так и связанные растровые изображения различных форматов (фотопланы, аэро-космоснимки, чертежи, схемы и рисунки). Система должна содержать: специализированные текстовые БД нормативной и справочной информации, обзорные электронные карты с опасными объектами, подробные ситуационные планы опасных объектов, БД сценариев развития возможных аварий, блок моделирования фронта движения поражающего фактора при аварии на опасных объектах, расчетный блок оценки ущерба, БД для хранения результатов моделирования техногенного загрязнения.

Создание и внедрение такой системы позволяет повысить эффективность управления безопасностью промышленного объекта за счет сокращения времени для сбора и обработки информации, обеспечения наглядности, точной привязки к местности, способности моделирования обстановки с учетом особенностей местности, что повышает качество принимаемых решений по управлению ликвидацией последствий техногенного загрязнения.

Концентрация на относительно небольших территориях промышленных городов большого количества потенциально опасных объектов, ежедневные перевозки по автомобильным и железным дорогам опасных химических веществ, требуют, прежде всего, постоянного контроля за состоянием этих объектов, а также проведения целого ряда мероприятий по предупреждению техногенного загрязнения.

Главными среди них являются меры по снижению вероятности возникновения аварий и катастроф. С этой целью необходима работа по установлению и декларированию безопасности промышленных объектов, введению системы лицензирования в области предупреждения техногенного загрязнения и защиты населения, усилению государственной экспертизы надзора и контроля в этой области. Безусловно, что для принятия обоснованных решений по реализации комплекса организационных и инженерно-технических

мероприятий, предупреждения техногенного загрязнения необходимо адекватно оценивать риск возможных аварий.

Эффективным методом экономического регулирования мер по предупреждению техногенных аварий становится страхование. Представляется, что страхование ответственности и персонала высокорисковых объектов должно быть обязательным. Определение страховых тарифов - это одна из самых сложных проблем. Ее решение должно основываться не только на статистических данных о техногенной аварии, но и на результатах анализа риска аварии в промышленных городах и регионах.

Важной составляющей деятельности по предупреждению аварий является мониторинг опасных выбросов на горнодобывающих, горно-металлургических и перерабатывающих предприятиях.

Имеющиеся локальные системы контроля ввиду близости потенциально опасных объектов к районам жилой застройки недостаточно эффективны и информативны. Для выработки решения на организацию спасательных мероприятий, существующий порядок представления экстренной информации при авариях через диспетчерские службы предприятий имеет недостатки по срокам и характеру передачи информации и зачастую позволяет руководителям скрывать истинную тяжесть бедствий.

Для устранения этих недостатков необходимо создание интегрированной ГИС-системы, которая позволит повысить оперативность получения информации о факте аварии, оценить угрожаемое направление и организовать защиту и спасение людей в реальном масштабе времени.

При угрозе возникновения и ликвидации аварий техногенного характера важная роль принадлежит своевременности оповещения. Сегодня эту задачу решают дежурные диспетчерские органы городских служб, а именно, штабы по делам ГО и ЧС, государственные противопожарные службы, экстренной медицинской помощи, службы коммунального хозяйства, милиции, ГАИ и др. Они находятся в постоянной готовности к действиям и уполномочены принимать решения для осуществления необходимых экстренных мер. Однако эти дежурные диспетчерские службы организационно разобщены и технически не обеспечены для решения задач в реальном масштабе времени.

Кардинально изменить негативную тенденцию роста социального и материального ущерба от воздействия химически опасных веществ различного вида на горно-металлургических объектах, как известно, можно лишь применив следующие новые направления, при создании систем экологической безопасности.

1. Интеграция систем безопасности (аварийной, пожарной, охранной, информационной, экологической и др.), а также объединение или координация систем безопасности с системами жизнеобеспечения (связи, электро-, тепло- и водоснабжения, вентиляции и др.), что позволяет экономить до 30-40% средств на создание систем.

2. Использование новых информационных, коммуникационных, организационных и иных технологий, реализуемых на современных программно-технических средствах сбора, хранения, передачи, обработки и

отображения информации, что позволяет использовать новые, современные компьютерные технологии и технологические принципы построения средств мониторинга, обнаружения, локализации, подавления и устранения опасных факторов.

Перспективным является использование новых технологий в обучении сотрудников служб безопасности, в частности, применение мультимедийных, гипертекстовых систем, тренажерных комплексов на базе систем с виртуальной реальностью и т.д.

3. Оптимизационное проектирование систем. Создание автоматизированных систем безопасности дает возможность находить оптимальные решения как при проектировании, так и при эксплуатации систем. В качестве критериев оптимальности могут использоваться: время и стоимость проектирования и эксплуатации систем, величина риска или вероятность возникновения опасного фактора; время подавления или ликвидации этого фактора; время прибытия оперативных сил и средств специальных и экстренных служб на место происшествия и т.д.

4. Автоматизация проектирования систем безопасности и жизнеобеспечения объектов как большой и сложной системы с большим числом элементов и связей между ними. Использование ПЭВМ с достаточно большими памятью и быстродействием и соответствующего периферийного оборудования позволяет значительно сократить время и стоимость проектирования систем с выполнением соответствующих оптимизационных расчетов, т.е. решать задачу оптимального проектирования.

5. Создание адекватной и эффективно функционирующей системы безопасности, действующей на всех этапах жизненного цикла объекта и на всех этапах существования опасностей.

7. Моделирование и прогнозирование процессов возникновения и развития опасных факторов, их воздействия на персонал, оборудование и окружающую среду, выработка упреждающих управляющих воздействий на объект, технологический процесс или на механизм появления и распространения угрозы с целью ее минимизации или ликвидации.

В Западной Европе, где подобные системы созданы, общее число техногенных аварий и катастроф сократилось за последние 15 лет в 7-10 раз.

Предлагаемый вариант создания такой автоматизированной информационно-управляющей системы по предупреждению и ликвидации техногенно-опасных ситуаций для Вольногорского ГМК включает в себя восемь автоматизированных рабочих мест (АРМ) для специалистов комбината: «Администратора системы» (управление базами данных); «Системы жизнеобеспечения» (накопление, хранение и обработка информации об объектах систем жизнеобеспечения); «Защитные сооружения» (накопление, хранение и обработка информации о защитных сооружениях); «Донесения» (работа со стандартными донесениями по формам отчетности); «Природные чрезвычайные ситуации» (накопление, хранение и обработка информации о природных чрезвычайных ситуациях); «Реестр аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных формирований» (накопление, хранение и

обработка информации об аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных формированиях, которые могут быть привлечены для ликвидации аварийной ситуации); «Потенциально опасные объекты» (накопление, хранение и обработка информации о потенциально опасных объектах); «Ликвидация ЧС» (формирование оптимального состава сил и средств для ликвидации конкретной чрезвычайной ситуации).

Разработка программного обеспечения ведется с использованием программных продуктов Arc View, Arc/Info, MapObjects фирмы ESRI. При помощи этого программного обеспечения была создана единая картографическая система данных, включающая электронную карту Вольногорского ГМК и г. Вольногорска.

В комплексе картографическая система обеспечивает следующие функции:

- ввод картографической информации о всех аспектах состояния экосистемы «Вольногорский ГМК- Окружающая среда - Человек» в любые базы данных;
- визуализацию информационных слоев;
- последовательную визуализацию атрибутивной информации, содержащейся в базе данных;
- получение статистической информации о параметрах, определяющих палитру и структуру любого слоя;
- совмещение любых слоев друг с другом, фильтрацию слоев и наложение их друг на друга для сравнительного анализа;
- осуществление поиска картографических объектов по их атрибутам;
- решение прикладных задач с использованием метода математико-картографического моделирования;
- просмотр состояния ситуации территории одновременно на нескольких слоях и привязанных к ним базах данных;
- изменение масштаба изображения карты на дисплее при выводе на твердую копию в соответствии с поставленной задачей;
- возможность редактирования карты (слоя) при ее визуализации на дисплее.

Учитывая единообразие функций работы с картографической информацией разрабатывается единый геоинформационный модуль, входящий в состав каждого из восьми АРМов.

Создание модуля ведется на основе компонентов пакета разработчика ГИС приложений MapObjects. Модуль обеспечивает выполнение следующих функций:

- отображение стандартных покрытий электронных карт и дополнительных покрытий, заданных программно;
- интерактивное управление отображением покрытий;
- интерактивное управление масштабом отображения карты;
- создание и редактирование точечного покрытия АРМа;
- интерактивный выбор, подсветка объектов на активном покрытии;
- интерактивная запись образа карты в файл или буфер обмена;
- интерактивная распечатка карты.

Создание модуля обеспечит быстрый и удобный доступ к картографической информации и ее комплексной визуализации, предоставит наиболее прогрессивные функции управления данными, а также позволит снизить трудозатраты на разработку системы по предупреждению и ликвидации экологически- опасных аварий и ситуаций для Вольногорского ГМК и облегчит ее освоение конечными пользователями.

Прогнозирование устойчивости экосистемы «Вольногорский ГМК - Окружающая среда - Человек» осуществляется моделированием в картографической форме путем построения серии аналитических прогнозно-оценочных карт по одному или нескольким расчетным критериям, которые в комплексе служат основой расчетов и построения карты устойчивости экосистемы, систематизирующей все эти данные. Карта устойчивости строится на всю площадь зоны ее влияния на окружающую среду в заданном масштабе в зависимости от площади экосистемы. По данным, получаемым в процессе режимных наблюдений, моделируется ряд критических значений параметров, определяющих устойчивость контролируемой территории. Среди них:

- степень техногенной нарушенности ландшафтов территории;
- средний уровень загрязнения ландшафтов;
- скорость загрязнения;
- вероятность возникновения аварийных ситуаций;
- вероятный ущерб окружающей среде в результате возникновения аварий.

Для организации базы данных оценки состояния территории могут использоваться:

- данные аэрокосмического зондирования;
- картографические материалы с системами их условных обозначений и экспликациями;
- исходные картографические данные, получаемые из различных источников (топографические, ресурсные, коммуникационные и др.) в традиционной и цифровой формах;
- результаты наземных режимных наблюдений в табличной и графической формах.

На рис. 1 приведена общая схема системы экологического мониторинга ГОКа с применением ГИС-технологий, на рис. 2 - схема послойного построения типовых карт.

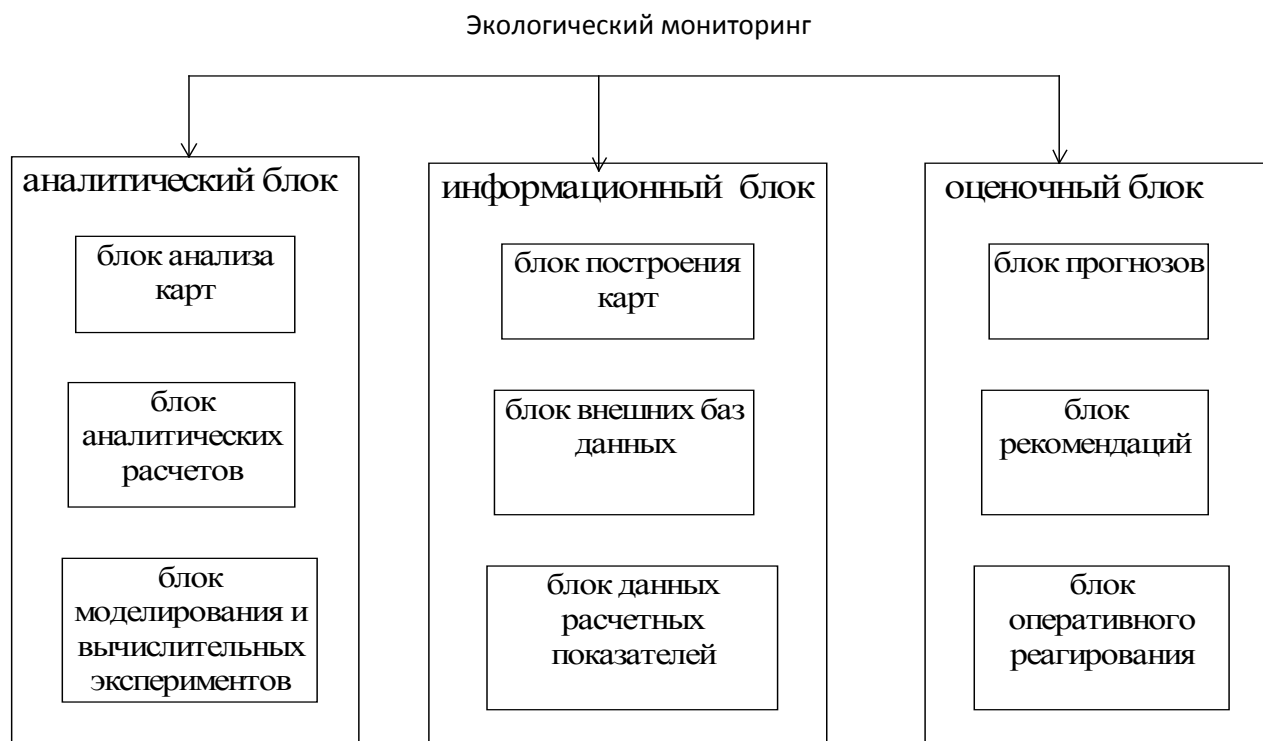


Рис. 1. Общая схема системы экологического мониторинга ГОКа с применением ГИС-технологий

В качестве примера, рассмотрена задача прогнозирования последствий аварий на химически опасных объектах на территории ГМК и города. Система основана на моделировании области заражения и выявлении попавших в зону заражения объектов.

Приложение построено на базе цифровой векторной карты города, что позволяет реализовать тематический подход к определению попавших в зону заражения объектов (социальных объектов, строений, улиц, дорог). Пространственные объекты имеют атрибутивные таблицы, позволяющие получать информацию как о самих объектах, так и о населении, оказавшемся в области заражения.

Прогнозирование последствий аварии с выбросами отравляющих веществ заключается в расчете базовых параметров области заражения и построении сектора заражения на векторной карте.



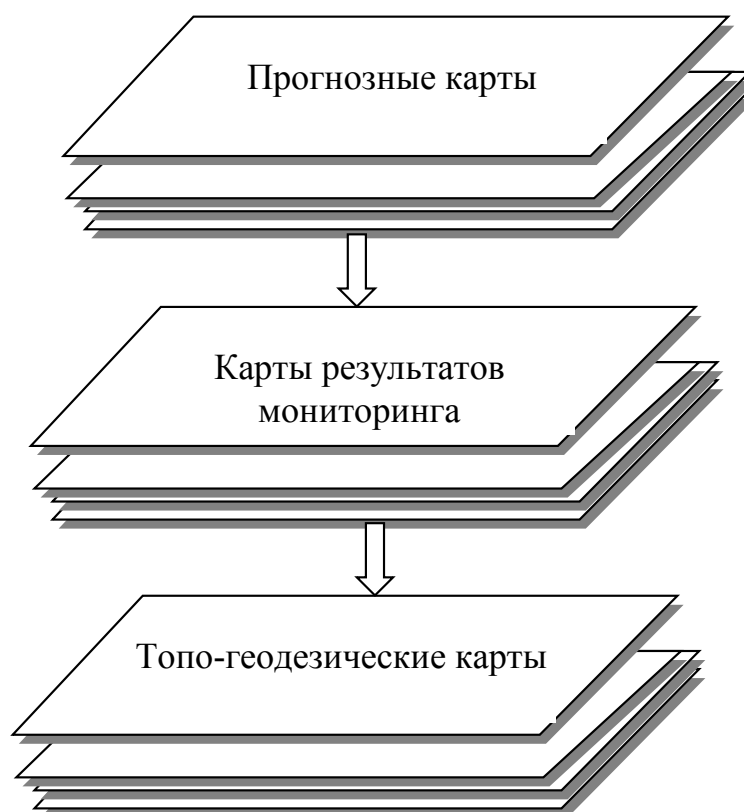


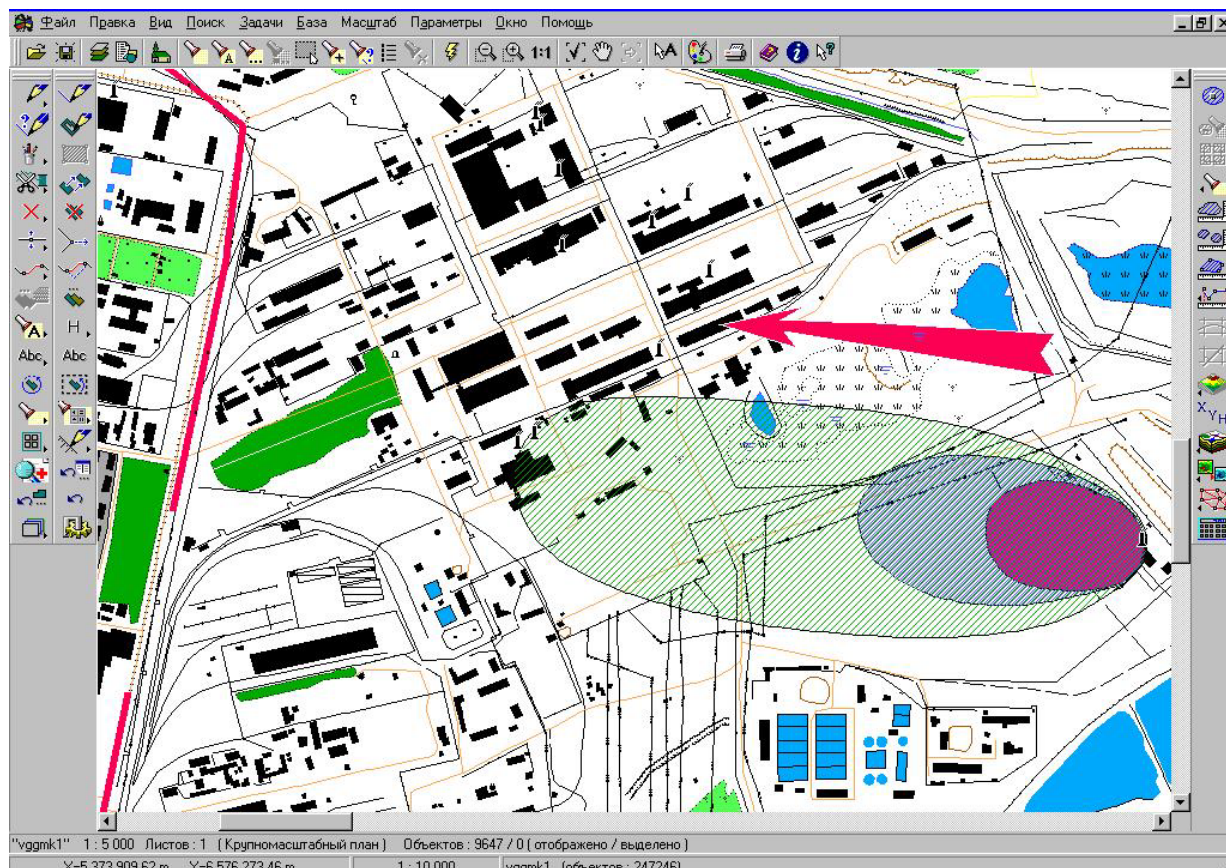
Рис. 2. Схема послойного построения типовых карт

Расчет параметров области заражения проводится на основании характеристик отравляющего вещества (объекта, хранения, вида вещества, массы выброса, типа разлива) и параметров окружающей среды (температура воздуха и почвы, направление и скорость ветра, вертикальная устойчивость воздуха, наличие осадков и т.п.), учет особенностей местности (тип подстилающей поверхности и рельефа по секторам). Возможен учет факторов, влияющих на возможное количество жертв среди населения и степень тяжести поражения пострадавших (обеспеченности средствами защиты, времени года и суток). Математическая модель базируется на расчетах, принятых в специальной литературе по предупреждению аварий и защите населения и используется в подразделениях МЧС с учетом специально разработанной методики расчета параметров области заражения при распространении облака вещества и его взаимодействии с окружающей средой.

Построение области заражения является отдельной темой исследования и включает расчет зоны заражения первичным и вторичным облаком и усредненную по времени зону заражения. В результате анализа области заражения первичным облаком (как максимальной) выполняется выборка объектов, попавших в данную зону, далее из базы данных берутся их характеристики и сведения о населении, находящемся в пределах зоны заражения. На завершающем этапе рассчитывается количество смертельных исходов, средней и легкой степени поражения по статистическим закономерностям. Приложение

позволяет отслеживать динамику распространения области заражения и получать обобщенный отчет по каждому этапу.

Предварительные результаты моделирования распространения в атмосфере аварийно химически опасных веществ в условиях Вольногорского ГМК приведены на рис. 3.



## Выводы.

1. Рассмотрены основные аспекты создания автоматизированной информационно-управляющей системы по экологическому мониторингу окружающей среды, предупреждению и ликвидации техногенно-опасных ситуаций на горно-металлургических комбинатах.

2. Предложен вариант создания автоматизированной информационно-управляющей системы по предупреждению и ликвидации техногенно-опасных ситуаций для Вольногорского ГМК, включающей в себя восемь автоматизированных рабочих мест.

3. С использованием программных продуктов Arc View, Arc/Info, MapObjects создана единая картографическая система данных, включающая электронную карту Вольногорского ГМК и г. Вольногорска.

4. Дана общая схема системы экологического мониторинга ГОКа с применением ГИС-технологий и схема послойного построения типовых карт.

5. Рассмотрена задача прогнозирования последствий аварий на химически опасных объектах горнодобывающих, горно-металлургических и перерабатывающих предприятиях и на территории города.

6. Представлены предварительные результаты моделирования распространения в атмосфере аварийно химически опасных веществ в условиях Вольногорского ГМК.

#### Список литературы

1. Мельник І.В. Еколого-економічна оцінка забруднення території Київської області з застосуванням ГІС; Автореф. дис. на здоб. наук. ст. канд. геол. наук. – Київ: Київський університет ім. Т. Шевченка. – 1996. – 21 с.
2. Кошкарёв А.В. Инфраструктура пространственных данных // ГИС-обозрение, 2000.-№ 3-4. – С. 5–10.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Собко Б.Ю.  
Надійшла до редакції 20.01.2015*

УДК 551.5 (075.8)

© А.В. Зберовский, Е.Н. Савотченко

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В КАРЬЕРАХ**

В работе дана комплексная экологическая оценка воздействия на окружающую среду пылегазовых выбросов при взрывных работах в карьерах.

У роботі дана комплексна екологічна оцінка впливу на навколишнє середовище пилогазових викидів при вибухових роботах в кар'єрах.

In work the complex environmental assessment of the environmental impact of dust and gas emissions from blasting in quarries.

**Введение.** Интенсивное развитие карьеров привело к катастрофическим экологическим и социальным последствиям. Ежегодно на карьерах и ГОКах области в атмосферу выбрасывается около 600 тысяч тонн вредных веществ, в т.ч. более 70 тысяч тонн твердых и более 500 тысяч тонн газообразных и жидких веществ. Вызывают тревогу факты роста профессиональной заболеваемости рабочих основных профессий в карьерах, повышение детской смертности и снижение на 4-6 лет длительности жизни населения в горнодобывающих регионах Украины.

Открытый способ разработки, рудных месторождений как наиболее экономичный и эффективный развивается во всем мире и в ближайшем будущем следует ожидать увеличения объема буровзрывных работ, роста